

BIẾN ĐỔI MỨC NƯỚC BIỂN ĐẢO PHÚ QUỐC

Lê Hoài Nam⁽¹⁾, Hà Quang Hải⁽²⁾, Phạm Mạnh Tài⁽¹⁾

⁽¹⁾Trung Tâm Tư vấn và Công Nghệ Môi Trường - Tổng Cục Môi Trường

⁽²⁾Trường Đại học Tự nhiên - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Nhiều nghiên cứu được công bố đã khẳng định rằng, mực nước biển dâng đã xảy ra tại hầu hết khu vực trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Vùng biển Phú Quốc cũng nằm trong quy luật tăng chung như vậy. Để làm sáng tỏ xu thế biến đổi mực nước biển tại vùng biển Phú Quốc, tác giả đã tiến hành xử lý thống kê và chuẩn hóa chuỗi dữ liệu đo mực nước biển trong thời kỳ 1979-2010. Kết quả xử lý thống kê ở độ tin cậy 98% cho thấy, mực nước biển tại khu vực đang tăng với tốc độ trung bình là 2,44 mm/năm. Thực tế từ số liệu thực đo cũng chỉ ra rằng, mực nước biển đã dâng lên 7,7 cm trong vòng 32 năm qua, trong đó trước năm 1993, mực nước biển (MNB) trung bình năm có xu hướng giảm nhẹ, song sau năm 1993, MNB lại có xu hướng dâng lên rất nhanh với gia tốc 3,16 mm/năm. Kết quả trên phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố tại vùng Vịnh Thái Lan, cũng như vùng lân cận. Điều đó sẽ là cơ sở quan trọng trong việc dự báo MNB dâng tại Phú Quốc trong tương lai.

1. Giới thiệu

Đảo Phú Quốc có diện tích 567,29 km², là đảo lớn nhất của Việt Nam, nằm ở vịnh Thái Lan. Đảo được đánh giá rất cao về tính đa dạng sinh học, cảnh quan thiên nhiên đẹp, mức độ dồi dào, phong phú về các nguồn lợi thủy hải sản [1]. Khu vực đất ven biển đảo Phú Quốc khá bằng phẳng, chủ yếu phân bố trên bậc thềm biển cổ cao từ 2-5m, và trên đó có nhiều công trình kỹ thuật quan trọng (điện, đường, cầu cảng,...), do vậy, thuận lợi cho phát triển kinh tế và xã hội. Tuy vậy, chính trên diện tích này sẽ tiềm ẩn mức độ rủi ro cao do hiện tượng xói lở bờ biển và mực nước biển dâng (MNBD).

IPCC (2007) cho rằng, mực nước biển (MNB) trung bình toàn cầu đang dâng lên với tốc độ trung bình 1,8 mm/năm [6, 7]. Song, mỗi khu vực có vận tốc tăng khác nhau, như: vùng biển Trung Hoa tăng từ 1-3 mm/năm [8]; vùng biển Đông Nam Á từ 1-1,5 mm/năm và vịnh Thái Lan từ 0,58-2,98 mm/năm [8]; vùng Nhiệt đới Thái Bình Dương và các Đảo Ấn Độ Dương tăng 3,6 mm/năm [9].

Tại Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã

thông báo MNBD trên toàn Biển Đông là 4,7 mm/năm và 2,9 mm/năm trên vùng biển Tây Nam Bộ cho thời kỳ 1993 – 2010 [3]. Tuy nhiên, tính toán và phân tích tiến trình biến đổi của MNB tại vùng biển của Phú Quốc theo phương pháp mô phỏng toán học thì chưa được thực hiện ở mức độ cụ thể, mặc dù đã có chuỗi quan trắc mực nước từ năm 1979 đến nay tại trạm hải văn Phú Quốc.

Vì vậy, việc nghiên cứu MNBD trong quá khứ, dự báo cho tương lai làm cơ sở cho đánh giá tai biến xói lở, ngập lụt ở đới bờ biển đảo Phú Quốc có ý nghĩa thực tiễn, nhất là bổ sung dữ liệu cần thiết cho quy hoạch xây dựng và phát triển kinh tế - xã hội.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

a. Số liệu

Tài liệu được sử dụng là chuỗi số liệu MNB thực đo đã được Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường chính lý, công bố [4] (bảng 1).

Người đọc phản biện: TS. Nguyễn Bá Thủy

Bảng 1. Số liệu quan trắc MNB thời kỳ 1979-2010

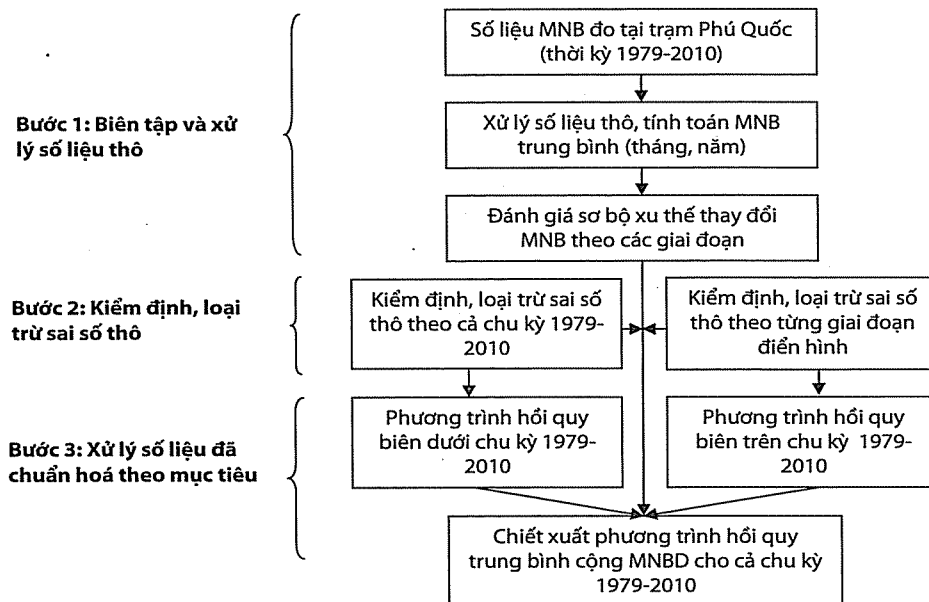
Giai đoạn	Tần suất đo đạc (thời điểm đo)	Đơn vị đo	Tên trạm đo/ Tọa độ
1979-2007	4 lần/ngày (1h, 7h, 13h, 19h)	cm	Trạm Khí tượng và hải văn Phú Quốc (vĩ độ: $10^{\circ}13'$; kinh độ: $103^{\circ}58'$)
2008-2010	24 lần/ngày (0-23 hàng ngày)		

b. Phương pháp nghiên cứu

(1) Quy trình xử lý số liệu

Quy trình xử lý số liệu (XLSL) MNB Phú Quốc

được thực hiện trên phần mềm Microsoft Excel (MEX) và được tiến hành qua 3 bước chính (hình 1).



Hình 1. Quy trình nghiên cứu xử lý thống kê dữ liệu

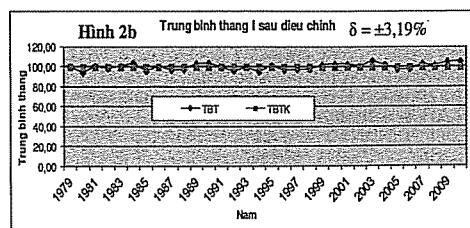
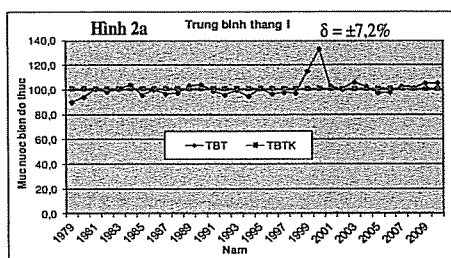
(2) Phương pháp xử lý số liệu

Thực hiện 3 bước thực hiện của quy trình trên, 3 phương pháp sau được sử dụng:

- Phương pháp XLSL thô: Số liệu thô đầu vào được xử lý đa cấp để tính trung bình tháng, năm. Qua phân tích phát hiện thấy MNB trung bình năm 1999 của Phú Quốc có sự khác biệt so với các năm khác (hình 2). Do đó, số liệu trên được thay thế bằng

giá trị MNB trung bình năm của 2 năm liên kế (1998 và 2000).

- Phương pháp khử sai số thô: Sai số thô là sai số phát sinh do ảnh hưởng của thủy triều, sóng, gió, bão, áp thấp nhiệt đới, Ở đây, phương pháp khử sai số thô theo độ tin cậy của phép XLSL được sử dụng [5]. Dữ liệu sau khi khử sai số thô bảo đảm được độ tin cậy ở mức 98% và sai số hệ thống ở trong khoảng 3,2 – 4,5%



Hình 2. Số liệu mực nước trung bình tháng 1 chưa được khử sai số (a) và số liệu sau khi được khử sai số các năm 1979, 1999, 2000 (b)

- Xác định tham số công thức thực nghiệm bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất (PPBPNN): MNB trung bình năm và chuỗi thời gian quan trắc có mối quan hệ của hàm tuyến tính bậc 1 dạng:

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Với Y là MNB trung bình năm và X là chuỗi thời gian (năm). Tham số công thức thực nghiệm xác định theo PPBPNN [5]. Tuy nhiên, với việc áp dụng khử sai số thô của các dữ liệu thô, nên hàm mô phỏng đường xu thế thay đổi MNB thực tế phải tính đến hệ số mô phỏng thực nghiệm từng năm (Kt):

$$Y = Kt \cdot (aX + b) \quad (2)$$

Trong đó: $Kt = Yt/Ytb$, với Yt là MNB trung bình từng năm và Ytb là MNB trung bình cộng của cả chuỗi số liệu xử lý. Cuối cùng, việc kiểm định độ tin cậy của đường mô phỏng xu thế so với đường xu thế thực tế cũng tiến hành bằng PPBPNN [5].

(3) Độ tin cậy của quy trình XLSL

- Độ tin cậy của nguồn số liệu thô sử dụng: Chuỗi số liệu MNB thời kỳ 1979-2010 của Phú Quốc (bảng 1) là nguồn số liệu đo thực tế, được cấp có thẩm quyền phê duyệt, đảm bảo độ chính xác cho phép [4]. Với sai số quân phương là 6%, thì chuỗi số liệu thô nghiên cứu phải có độ dài liên tục ít nhất 23 năm [3]. Do đó, với chuỗi số liệu sử dụng cho tính toán là 32 năm, thì độ tin cậy hoàn toàn được đảm bảo.

- Sai số tiêu chuẩn của quy trình XLSL thống kê: Phương pháp khử sai số thô, xác định tham số công

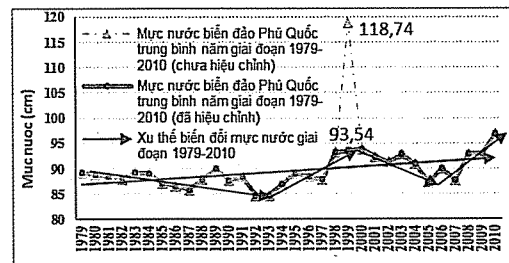
thức thực nghiệm và mô phỏng đường xu thế thay đổi NMB thực tế đều được thực hiện ở độ tin cậy 98%, trong đó sai số hệ thống của cả quy trình XLSL: xác định được nằm ở khoảng 3,2 – 4,5%, tích hợp từ sai số hệ thống của nguồn số liệu thô sử dụng và sai số của phép xử lý thống kê sau đó. Việc kiểm định khoảng sai số của cả quy trình xử lý số liệu bằng PPBPNN [5] cho thấy, tham số gia tốc tăng trung bình MNB (a) trong phương trình (1) và (2) ở trên là những số thực khác 0 và bảo đảm độ tin cậy yêu cầu

3. Kết quả và thảo luận

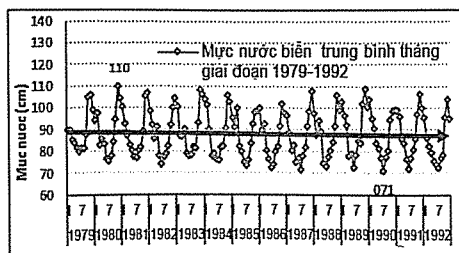
a. Xu thế thay đổi MNB theo tài liệu thực đo

Xu thế thay đổi MNB trung bình năm tại vùng biển Phú Quốc trong giai đoạn 1979-2010 là tăng/giảm không đều theo từng năm, từng giai đoạn cụ thể. Song, xu thế chung là gia tăng so với quá khứ với mức tăng trung bình năm là 2,40 mm (dựa trên mức tăng của MNB năm 2010 so với năm 1979).

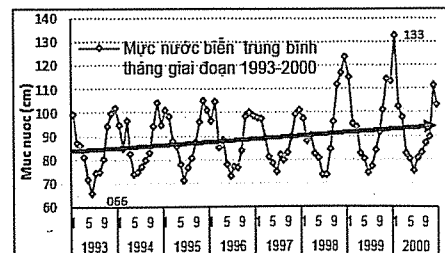
Xu thế thay đổi MNB trung bình năm có thể phân theo 4 giai đoạn tăng/giảm khác nhau (hình 3).



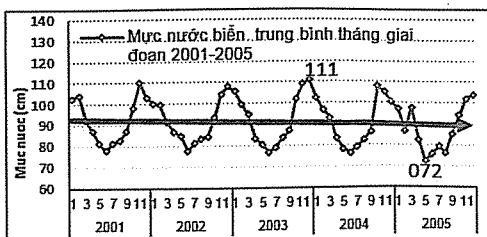
Hình 3. Xu thế biến đổi MNB từ 1979-2010



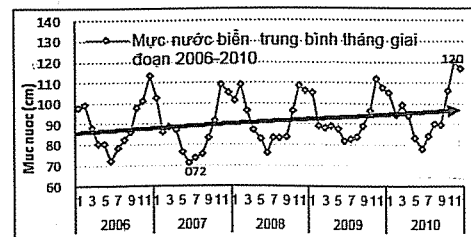
Hình 4. Diễn biến mức nước giai đoạn 1979-1992



Hình 5. Diễn biến mức nước giai đoạn 1993-2000



Hình 6. Diễn biến mức nước giai đoạn 2001-2005



Hình 7. Diễn biến mức nước giai đoạn 2006-2010

- Giai đoạn 1979-1992: Sự thay đổi MNB khá ổn định và có xu hướng giảm (giảm 4,52cm so với năm 1979) (hình 4). MNB trung bình giai đoạn là 87,95cm. Giai đoạn này được coi là chưa phát hiện thấy những dấu hiệu cụ thể của hiện tượng MNBD.

- Giai đoạn 1993-2000: Có xu thế tăng mực nước rõ rệt, với mức tăng năm 2000 so với năm 1993 là 9,14cm (hình 5). MNB trung bình của cả giai đoạn là 89,71cm.

- Giai đoạn 2001-2005: MNB dao động rất ổn định và giảm nhẹ (giảm 1,42cm). Tuy nhiên trung bình cả giai đoạn vẫn cao hơn so với giai đoạn trước, với MNB trung bình là 90,94, tăng 1,23 cm so với giai đoạn 1993-2000. (hình 6).

- Giai đoạn 2006-2010: Có xu thế tăng nhanh (tăng 6,95cm). MNB trung bình cả giai đoạn này là 92,08cm (hình 7). MNB trung bình cả giai đoạn này tăng cao hơn so với các giai đoạn trước (tăng 4,13 so với giai đoạn 1979-1992).

Như vậy, các kết quả phân tích xu thế theo số liệu thực đo cho thấy, MNB trung bình năm có xu thế tăng lên trong 32 năm qua theo phương trình xu thế $y = 0,1688x + 86,715$ với $R^2 = 0,3063$ (4). MNB các tháng 2 và 10 có vận tốc tăng nhỏ; tháng 1, 4 đến 9 và 11 có vận tốc tăng trung bình, còn các tháng 3 và 12 có vận tốc tăng cao.

Từ các kết quả trên, có một số nhận xét như sau:

- Nguồn dữ liệu sử dụng chứa sai số thô đã ảnh hưởng đến độ tin cậy của phép XLST. Do vậy, nguồn dữ liệu thô cần được kiểm định và khử sai số thô, sau đó mới xử lý tiếp tục để đưa ra phương trình hồi quy MNBD cho cả thời kỳ 1979-2010.

- Mực nước biển đã được xác định xu thế tăng, tuy nhiên, cần phải mô phỏng xu thế thay đổi MNB trung bình năm trong quá khứ phù hợp với quy luật MNBD. Do vậy, cần phải xác định được các phương trình xu thế ở điều kiện biên trên, dưới, trước khi xác định được đường xu thế MNB ở mức độ trung bình.

- Ngoài ra, các phương trình hồi quy theo MNB trung bình tháng cũng cần được nghiên cứu xác định nhằm làm rõ ảnh hưởng của từng mùa đối với đường xu thế thay đổi chung của MNB trung bình năm.

b. Xu thế thay đổi MNB theo tài liệu được chuẩn hóa

Trước khi thực hiện xác định các phương trình xu thế MNB chuẩn theo tháng, năm, chúng tôi tiến hành chuẩn hóa dữ liệu (kiểm định, khử sai số thô). Việc xây dựng phương trình hồi quy xu thế cho toàn giai đoạn 1979-2010 cần xác định được các điều kiện biên trên và dưới, tức là biên MNB dâng nhanh nhất và biên MNB tăng chậm khi đã loại bỏ được sai số dữ liệu do yếu tố không liên quan đến đến MNBD toàn cầu (khử sai số thô và các giá trị khác thường).

(1) Xu thế thay đổi MNB trung bình theo tháng, năm ở điều kiện biên trên

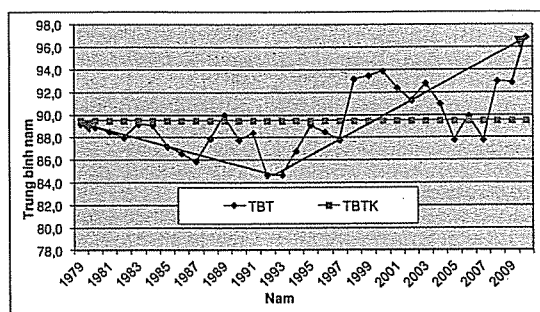
Để xác định các biên trên, chúng tôi nghiên cứu các phương trình xu thế thay đổi MNB theo tháng và phát hiện ra các giai đoạn có MNBD (tức gia tăng một cách ổn định). Từ đó, xác định các tham số thực nghiệm (hệ số a, b) của các phương trình hồi quy MNB trung bình tháng, năm [5].

Bảng 2. Các phương trình hồi quy theo MNB trung bình tháng, năm ở điều kiện biên trên

Tháng	Phương trình hồi quy xác định	Giai đoạn phát hiện MNBD
1	$Y = 96,9292 + 0,4085*t$	1994 - 2010
2	$Y = 91,9031 + 0,0718*t$	1979 - 2010
3	$Y = 87,5403 + 0,4044*t$	1992 - 2010
4	$Y = 81,914 + 0,2212*t$	1992 - 2010
5	$Y = 76,2606 + 0,2866*t$	1993 - 2010
6	$Y = 72,9827 + 0,2822*t$	1995 - 2010
7	$Y = 74,7841 + 0,3869*t$	1992 - 2010
8	$Y = 79,4673 + 0,1641*t$	1993 - 2010
9	$Y = 82,4651 + 0,284*t$	1992 - 2010
10	$Y = 93,9408 + 0,0718*t$	1979 - 2010
11	$Y = 103,0614 + 0,31*t$	1993 - 2010
12	$Y = 100,4519 + 0,4772*t$	1994 - 2010
Cả năm	$Y = 87,738 + 0,3159*t$	1993 - 2010

Sự thay đổi MNB giữa các tháng có sự khác biệt và thể hiện phức tạp theo thời gian và vận tốc; cụ thể, tác giả nhận thấy MNBD với vận tốc nhỏ trong tháng 2 và 10 từ năm 1979 đến 2010 và bằng 0,72 mm/năm, trong khi các tháng còn lại đều nhận thấy MNBD trong khoảng từ 1992 đến 1995 trở về sau và với vận tốc từ 1,6 đến 4,77 mm/năm.

Như vậy, MNB trung bình của các tháng trong năm có ảnh hưởng khác nhau tới MNB trung bình năm và trên cơ sở xu thế thay đổi qua 4 giai đoạn phân chia (hình 3), tác giả nhận thấy MNBD rõ ràng và đạt mức cao trong giai đoạn từ 1993-2010 (hình 8) Do vậy, giai đoạn này được xác định là điều kiện biên trên của hiện tượng MNBD với biên gia tốc tăng là 3,16 mm/năm.



Hình 8. Xu thế tăng, giảm theo 2 giai đoạn chính

(2) Xu thế thay đổi MNB trung bình theo tháng, năm ở điều kiện biên dưới

Điều kiện biên dưới được xác định bằng cách xác định xu thế MNB trung bình các tháng trong giai đoạn 1979-2010. Sau đó, các tham số thực nghiệm (a, b) và phương trình hồi quy các trung bình tháng được xác định (bảng 3).

Bảng 3. Các phương trình hồi quy theo MNB trung bình tháng, năm ở điều kiện biên dưới

Tháng	Phương trình hồi quy xác định	Tháng	Phương trình hồi quy xác định
1	$Y = 97,882 + 0,1276 \cdot t$	7	$Y = 74,6446 + 0,1785 \cdot t$
2	$Y = 91,9031 + 0,0718 \cdot t$	8	$Y = 79,1484 + 0,0817 \cdot t$
3	$Y = 85,571 + 0,2754 \cdot t$	9	$Y = 82,0574 + 0,1507 \cdot t$
4	$Y = 83,5708 + 0,0321 \cdot t$	10	$Y = 93,9408 + 0,0718 \cdot t$
5	$Y = 78,1056 + 0,0408 \cdot t$	11	$Y = 103,1063 + 0,1257 \cdot t$
6	$Y = 75,3596 + 0,0017 \cdot t$	12	$Y = 100,3615 + 0,1774 \cdot t$
Cả năm: $Y = 86,6971 + 0,1712 \cdot t$			

Các tháng trong giai đoạn 1979-2010 đều có vận tốc trung bình tăng từ rất nhỏ đến trung bình (từ 0,02 đến 2,75 mm/năm). Vậy, phương trình gia tăng mực nước theo năm giai đoạn này được xác định là điều kiện biên dưới với đạt gia tốc tăng 1,71 mm/năm.

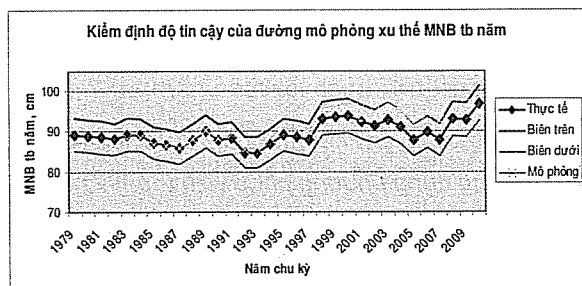
(3) Xu thế thay đổi MNB trung bình theo tháng, năm ở điều kiện trung bình

Tác giả chiết xuất các phương trình hồi quy tháng, năm trung bình từ biên trên, dưới nhằm mục đích xác định xu thế tăng trong quá khứ và dự báo tăng trong tương lai. Phương pháp chiết xuất phương trình hồi quy trung bình để dự báo MNBD là phù hợp thực tế và phù hợp với việc chọn kịch bản trung bình để dự báo BĐKH [1].

Bảng 4. Các phương trình hồi quy MNB trung bình tháng, năm ở điều kiện trung bình

Tháng	Phương trình hồi quy xác định	Tháng	Phương trình hồi quy xác định
1	$Y = 97,4056 + 0,2681*t$	7	$Y = 74,7144 + 0,2827*t$
2	$Y = 91,9031 + 0,0718*t$	8	$Y = 79,3079 + 0,1229*t$
3	$Y = 86,5557 + 0,3399*t$	9	$Y = 82,2613 + 0,2174*t$
4	$Y = 82,7424 + 0,1267*t$	10	$Y = 93,9408 + 0,0718*t$
5	$Y = 77,1831 + 0,1637*t$	11	$Y = 103,0839 + 0,2179*t$
6	$Y = 74,1712 + 0,142*t$	12	$Y = 100,4067 + 0,3273*t$
Cả năm: $Y = 87,2176 + 0,2436*t$			

Phương trình hồi quy MNB trung bình năm thời kỳ 1979-2010: $Y = 87,2176 + 0,2436*t$ (4), tương ứng vận tốc trung bình tăng đạt 2,44 mm/năm. Nếu so với mức 2,44 mm/năm, thì giá trị phân tích sơ bộ 2,4 mm/năm có mức chênh lệch không đáng kể (nằm trong sai số 2% ở độ tin cậy 98% của phép xử lý thống kê). Phương trình (4) được sử dụng để kiểm định độ tin cậy của đường mô phỏng so với đường xu thế MNB thực tế theo phương trình (1) (hình 9).

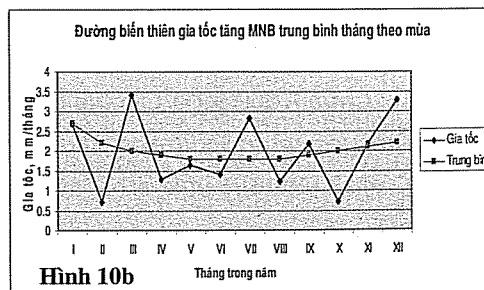
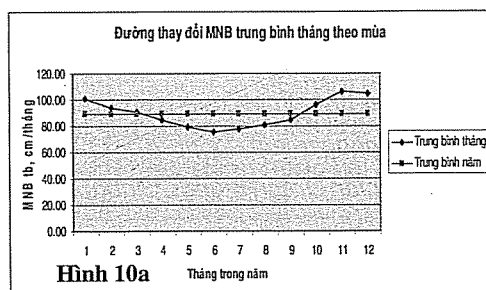


Hình 9. Kiểm định độ tin cậy của đường mô phỏng

(4) Nghiên cứu ảnh hưởng của mùa đối với xu thế thay đổi MNB trung bình năm

MNB trung bình tháng của thời kỳ 1979-2010 (hình 10a) khi được so sánh với đường biến thiên gia tốc tăng MNB trung bình tháng (hình 10b), có thể nhận thấy là chúng thay đổi khá giống nhau và chỉ ra ảnh hưởng của mùa đối với chu kỳ thủy văn của biển Phú Quốc (các tháng cuối và đầu năm có MNB cao, các tháng giữa năm có MNB thấp). Song nếu xét cụ thể theo từng tháng (hình 10b) thì vận tốc gia tăng trung bình của MNB trung bình tháng thay đổi thất thường với xen kẽ tháng cao-thấp, tháng lẻ có vận tốc tăng cao hơn so với tháng chẵn và chỉ ra sự thay đổi từ từ, song phức tạp trong chu kỳ thủy văn-động lực học của biển.

Như vậy, gia tốc tăng MNB trung bình tháng là nguyên nhân làm tăng MNB trung bình năm thực đo thời kỳ 1979-2010 tại vùng biển Phú Quốc, trong đó các tháng 2 và 10 có gia tốc nhỏ; tháng 1,4 đến 9 và 11 có gia tốc trung bình, còn các tháng 3 và 12 có gia tốc cao.



Hình 10. Sự thay đổi MNB theo mùa (a) và Sự thay đổi gia tốc MNB theo mùa (b)

6. Kết luận

Trên cơ sở phân tích, đánh giá xu thế thay đổi MNB nhiều năm nhờ kỹ thuật xử lý thống kê các dữ liệu đo đạc MNB, tác giả rút ra một số kết luận như sau:

(1) MNB trung bình năm tại Phú Quốc có xu thế giảm trong giai đoạn 1979-1992 và tăng nhanh trong giai đoạn 1993-2010 gắn với tác động của MNBD toàn cầu. Kết quả cũng cho thấy MNB gia tăng tại khu vực cũng nằm gần [6,7] và trong dải gia tăng [1,8] đã tính toán ở các công trình nghiên cứu khác, do vậy, có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo tốt đối với các nghiên cứu liên quan.

(2) MNB trung bình năm thời kỳ 1979-2010 tại Phú Quốc tăng với gia tốc 2,44 mm/năm theo phương trình xu thế $Y = 87,2176 + 0,2436t$ và có thể mô phỏng, dự báo theo phương trình hồi quy tương tự ở phương trình (2) MNB là: $Y = Kt \cdot (87,2176 + 0,2436 \cdot t)$.

(3) Nguyên nhân MNB trung bình năm của biển Phú Quốc tăng lên thời kỳ 1979-2010 là do MNB

trung bình các tháng trong năm đều tăng với gia tốc khác nhau. Song, nguyên nhân chính vẫn là do BĐKH toàn cầu gia tăng tác động lên khí hậu nước ta. Kết quả phân tích thu được theo mùa cũng bước đầu cho thấy, MNB dâng lên có lẽ không chỉ do sự giãn nở nhiệt và tan chảy băng đá, mà còn phải có những nghiên cứu đánh giá chi tiết hơn và toàn diện hơn về sự thay đổi ngày càng phức tạp trong chu trình thủy văn – động lực học của biển ở điều kiện có BĐKH.

(4) Các nguồn số liệu thống kê thô về MNB đo trong ngày tại các trạm hải văn thường chứa sai số thô do ảnh hưởng của điều kiện đo đạc MNB tại thời điểm. Do đó, để cải thiện độ chính xác và tin cậy của phép xử lý thống kê dữ liệu phục vụ dự báo MNBD, thì phải được thay thế, chuẩn hóa và áp dụng kỹ thuật xử lý thống kê hiện đại. Phép chuẩn hóa số liệu nguồn ít tin cậy bằng số liệu nguồn tin cậy hơn đã được kiểm chứng áp dụng trong công trình [10] với hiệu quả cao.

Tài liệu tham khảo

1. **Chi cục Thống kê huyện Phú Quốc (2011).** Niên giám thống kê huyện Phú Quốc năm 2010. Kiên Giang.
2. **Lê Hoài Nam, Hà Quang Hải, Phạm Mạnh Tài (2010).** Ứng dụng phương pháp viễn thám và GIS để nghiên cứu sự biến động đường bờ biển Phú Quốc, Hội thảo Khoa học trường ĐHKHTN Tp. HCM lần VII.
3. **Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011).** Kịch bản biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội.
4. **Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2011).** Tập số liệu mực nước biển thực đo tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc năm 1979-2010. Hà Nội.
5. **Nguyễn Doãn Ý (2009).** Xử lý số liệu thực nghiệm trong kỹ thuật. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
6. **Cai F. Et al. (2009).** Coastal erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention. *Progress in Natural Science*, 19, pp. 415-426.
7. **IPCC (2007).** *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press
8. **James N. P, Chua T. E. (1991).** *Climate Changes and Sea Level Rise: Implications on Coastal Area Utilization and Management in South-East Asia*. *Ocean & Shoreline Management*, 15, pp.205-232.
9. **John A. C. et al. (2006).** *Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands*. *Global and Planetary Change*, 53, pp.155-168.
10. **Yale Center for Environmental Law & Policy - Yale University and Center for International Earth Science Information Network-Columbia University (2005).** *2005 Environmental Sustainability Index. Benchmarking National Environmental Stewardship*. Yale University, USA.